

# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 69.03

DOI 10.31649/2311-1429-2020-1-80-86

Г. С. Ратушняк  
О. Ю. Горюн  
В. І. Дацюк

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАВАННЯ У ВУЗЛІ ПРИМИКАННЯ БАЛКОННОЇ ПЛИТИ ДО ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ

Вінницький національний технічний університет

Проаналізовано лінійні коефіцієнти теплопередачі вузлів примикання балконної плити до зовнішніх стін, значення яких рекомендується існуючою нормативною базою. Виявлено що існуюча конструкція вузла примикання є недостатньо енергоефективною. Для підвищення термічного опору вузла примикання балконної плити запропоновано удосконалений спосіб його конструктивного виконання, який захищено патентом на корисну модель. Зменшення тепловтрат досягається за рахунок влаштування шару утеплювача із пінополістиролу в місці примикання стіни до балконної плити. Аналіз енергоефективності запропонованого конструктивного виконання вузла примикання балконної плити, як «містка холоду», виконано за результатами математичного моделювання в програмному комплексі An Therm. За результатами моделювання встановлено розподіл температур у вузлі примикання балконної плити. Визначено лінійний коефіцієнт теплопередавання рекомендованого вузла примикання балконної плити, значення якого більше ніж в існуючих конструкціях. Отримані результати є підтвердженням доцільності впровадження запропонованого конструктивного виконання вузла примикання балконної плити, що дозволить підвищити енергоефективність теплоізоляційної оболонки будівлі.

**Ключові слова:** тепловтрати, зовнішні стіни, термомодернізація, енергоефективність, вузли примикання, коефіцієнт теплпередачі.

### Вступ

Державна енергетична політика України спрямована на зниження енергоспоживання житлово-комунальним сектором. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [1] запроваджує обов'язкову сертифікацію енергетичної ефективності будівель. В реальних конструкціях огорожувальних сучасних зовнішніх стін практично відсутні однорідні площі, в межах яких забезпечувалась одномірність температурного поля. Методика визначення термічного опору однорідної багат шарової огорожувальної стінової конструкції, з різними теплопровідними включеннями, не дозволяє об'єктивно оцінювати теплозахисні характеристики сучасних огорожувальних конструкцій. Нагально постає проблема вдосконалення методу оцінювання властивостей теплоізоляційної оболонки будівлі, так як існуючі методи не враховують всіх параметрів впливу на цільову функцію.

Спеціалісти Асоціації енергоаудиторів України у своїх пропозиціях пропонують шляхи вдосконалення базового стандарту ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» [2], як вважають енергоаудитори, не в повній мірі враховує інформацію щодо теплопровідних включень вузлів примикання, характерних для більшості наявних будівель. Було запропоновано доповнити стандарт [3] довідковими даними, що враховують характеристики теплоізоляційної оболонки будівлі з теплопровідними включеннями для найбільш поширених випадків.

Критерієм теплової надійності є імовірність теплової відмови стінових конструкцій за фактором зниження значень температур внутрішньої поверхні до температури конденсації пари повітря. Імовірнісним параметром, для огорожувальних конструкцій із теплопровідними включеннями, є лінійний коефіцієнт теплопередачі [4,5]. Він є функцією імовірнісних параметрів, так як залежить від геометричних параметрів елементів, що складають конкретний розрахунковий вузол. Актуальним стає питання знаходження точкових та лінійних коефіцієнтів для теплопровідних включень з утепленням [2].

Метою роботи є обґрунтування необхідності підвищення ефективності теплоізоляційної оболонки будівель шляхом вдосконалення конструктивних рішень з термомодернізації зон теплопровідності при влаштуванні вузла примикання балконної плити до зовнішньої стіни.

**Основна частина**

Теплопровідне включення – елемент будівельної огорожувальної конструкції, з однорідним тепловим опором, що значно змінюється в разі: повного або часткового проникнення в будівельну огорожувальну конструкцію матеріалів, які відрізняються коефіцієнтами теплопровідності; зміною товщини виробу або різниці між внутрішньою та зовнішньою площами, які виникають у з’єднаннях [3].

Зазвичай теплопровідні включення характеризують двовимірний або тривимірний тепловий потік через конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі, який визначається методами детального числового розрахунку [3]. Одним із можливих прикладів теплопровідних включень є вузол примикання зовнішніх стін до балконного перекриття. Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі для даного вузла відповідно до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведено на рис.1 [6].

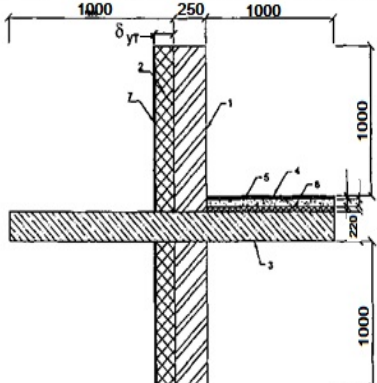
Ч.ч.	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Лінійний коефіцієнт теплопередачі $k$ , Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
		розрахункова теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції $\delta_{yt}$		
1	2	3	4	5	6
5	<p>Вузол примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до балконного перекриття</p>  <p>1 – цегляна кладка, <math>\rho = 1800 \text{ кг/м}^3</math>;                  2 – шар теплоізоляції;                  3 – залізобетон, <math>\rho = 2500 \text{ кг/м}^3</math>;                  4 – дерев'яне покриття підлоги, <math>\rho = 700 \text{ кг/м}^3</math>;                  5 – розчин цементно-піщаний, <math>\rho = 1800 \text{ кг/м}^3</math>;                  6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, <math>\rho = 100 \text{ кг/м}^3</math>;                  7 – опоряджувальна штукатурка, <math>\rho = 1300 \text{ кг/м}^3</math>.</p>		120 мм	150 мм	180 мм
		0,040	0,839	0,797	0,758
		0,045	0,833	0,793	0,754
		0,050	0,827	0,789	0,751

Рисунок 1 - Значення лінійних коефіцієнтів теплопровідності вузла примикання балконної плити

Для підвищення термічного опору вузла примикання балконної плити запропоновано вдосконалену конструктивну схему [7,8,9]. У запропонованому способі на зовнішню стіну в місці примикання її до балконної плити наносять клеючий розчин. На його поверхні розміщують утеплювач, на який накладають армовану сітку. Поверх сітки наносять ґрунтовку та декоративну штукатурку. Всередині зовнішньої стіни з її внутрішньої сторони в місці примикання до неї балконної плити влаштовують шар утеплювача з пінополістиролу. Поверх балконної плити укладають поліетиленову плівку та розміщують утеплювач, на який наносять цементно-піщаний розчин армований сіткою із скловолкна.

Для аналізу ефективності запропонованого конструктивного вузла примикання балконної плити, проведемо моделювання вузла та розрахунок лінійного коефіцієнту теплопередачі в програмному забезпеченні An Therm( рис.2)[10].

Для моделювання теплопередавання у вузлі примикання балконної плити до огорожувальної конструкції із шаром пінополістиролу між балконною плитою та плитою перекриття прийнято такі данні: вузол складається із цегляної стіни товщиною 250 мм разом із шаром мінеральної вати 120мм та декоративною шпаклівкою. Поверх балконної плити розміщено поліетиленову плівку та шар мінеральної вати товщиною 50 мм, на який наносять цементно-піщаний розчин армований сіткою із скловолкна [7,8]. Температура всередині приміщення +20С, температуру на балконі

прийнято  $-10^{\circ}\text{C}$ .

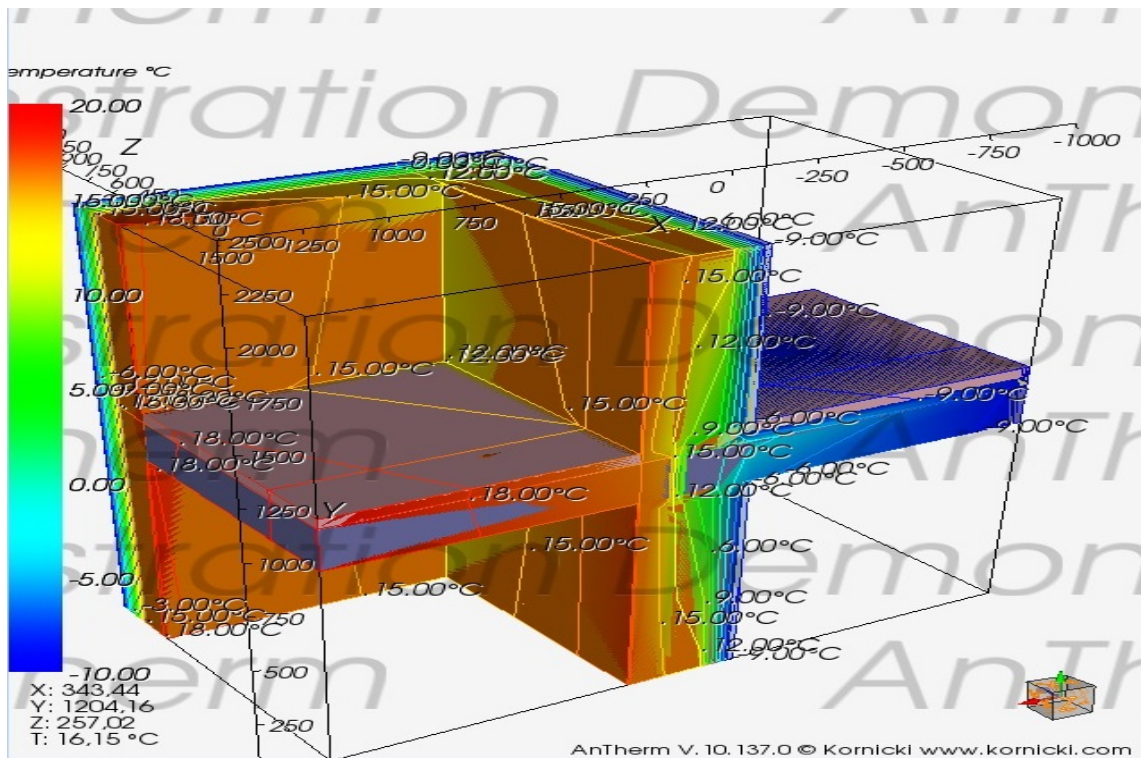


Рисунок 2 - Модель конструктивного виконання утеплення вузла примикання балконної плити до зовнішньої стіни

Розподіл температур у вузлі примикання балконної плити ілюструє що додатковий шар утеплення між балконною плитою та плитою перекриття дозволяє зменшити тепловтрати та скоригувати рух теплового потоку (рис.3, 4).

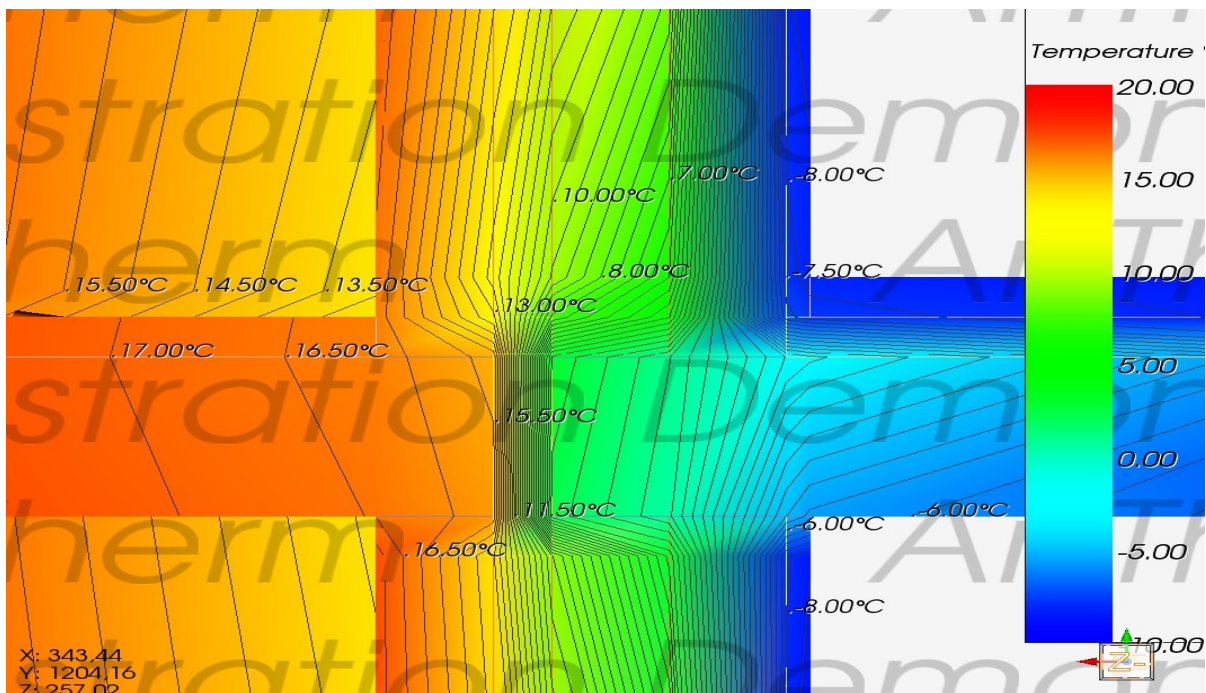


Рисунок 3 - Розподіл температур у вузлі примикання балконної плити до зовнішньої стіни



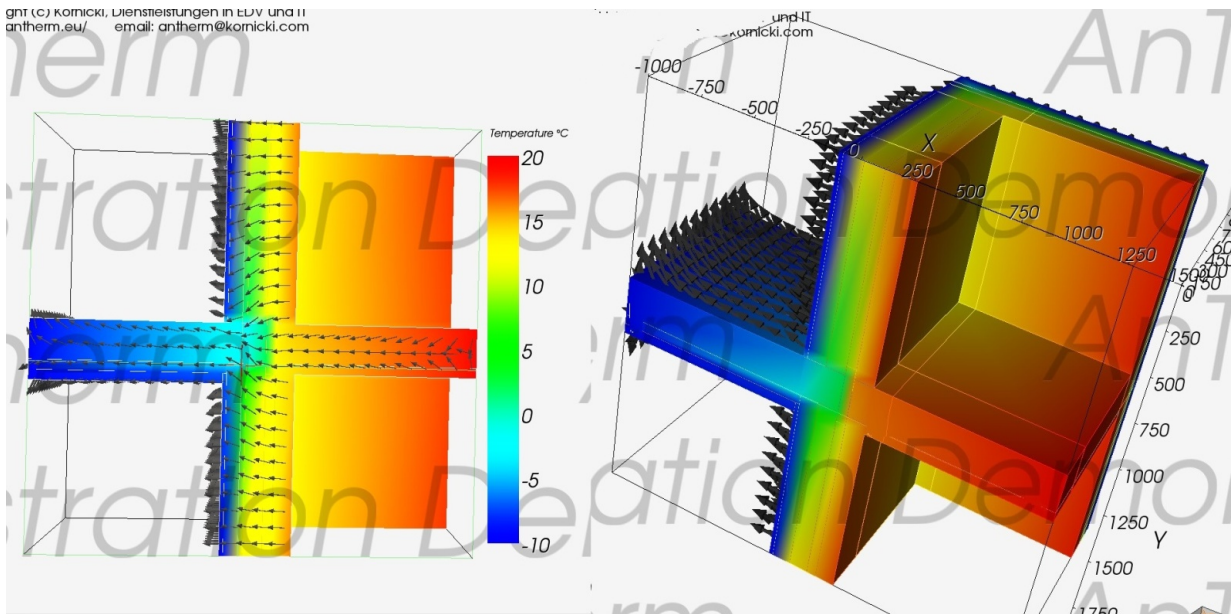


Рисунок 4 - Моделювання теплового потоку крізь вузол примикання балконної плити до зовнішньої стіни

Аналізом результатів моделювання виявлено зниження температури в кутах приміщень (рис.5), що також є «містками холоду» та потребують термомодернізації з метою підвищення енергоефективності будівлі.

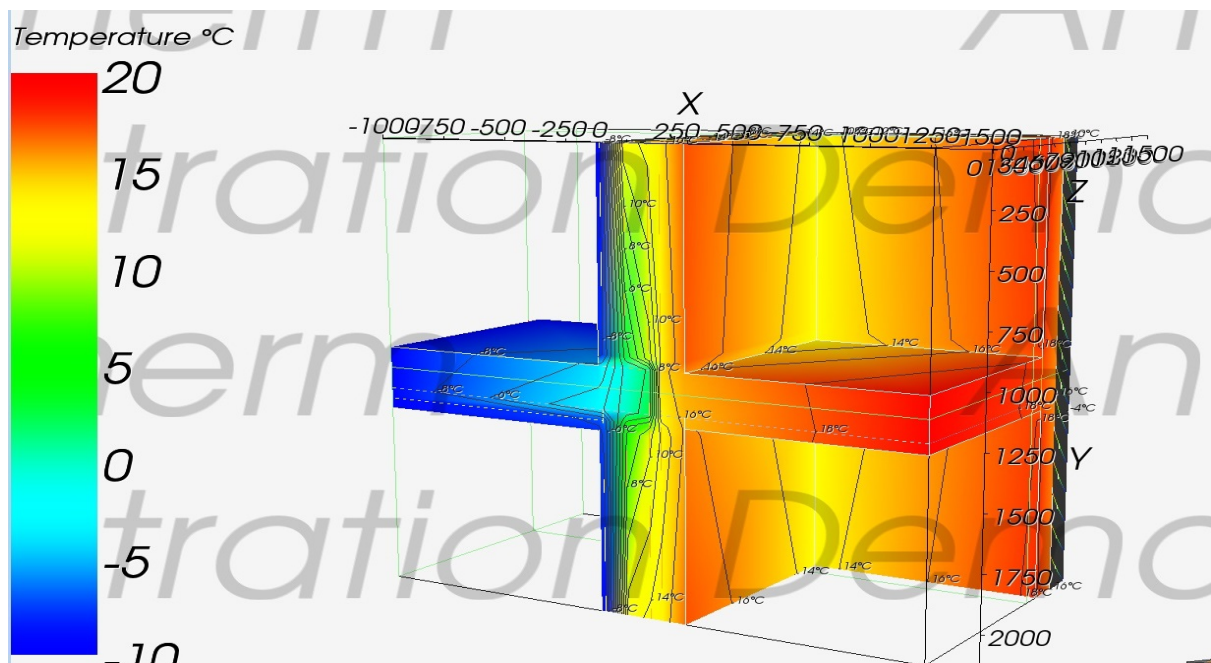


Рисунок 5 – Ізотерми в кутах приміщень

За результатами 3D-моделювання у програмному забезпеченні An Therm [10] виконано розрахунок лінійного коефіцієнту теплопередавання вузла примикання балконної плити до стіни будівлі. Результати розрахунку лінійного коефіцієнту теплопередавання наведено на рис. 6.

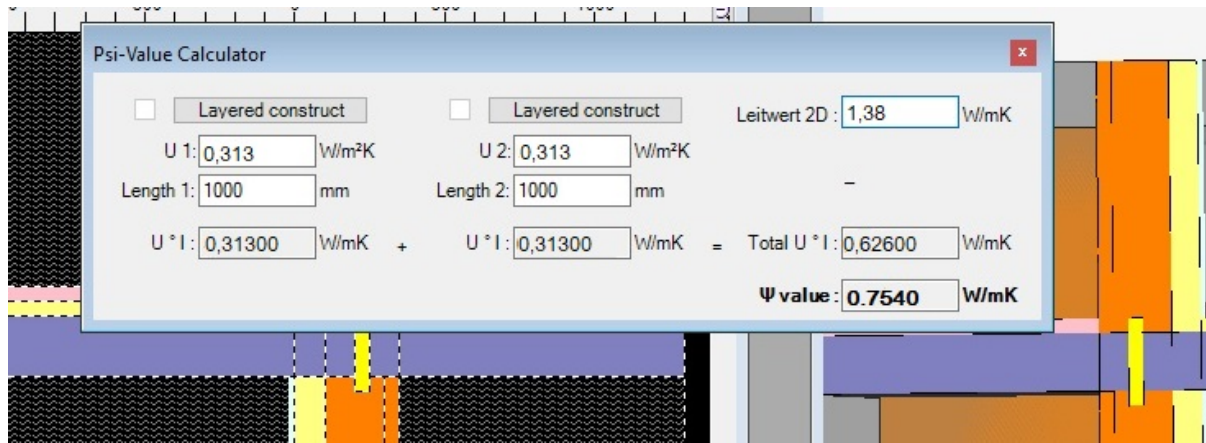


Рисунок 6 - Результати розрахунку лінійного коефіцієнта теплопередавання у вузлі примикання балконної плити до зовнішньої стіни в програмі AnTherm

Сучасне програмне забезпечення дозволяє розрахувати  $\Psi$ -значення лінійного коефіцієнту теплопередавання та запропонувати шляхи корегування методики у діючих нормах [4,5]. Згідно з розрахунками (рис.6) лінійний коефіцієнт теплопередавання в зоні примикання балконної плити до цегляної стіни товщиною 250 мм із розрахунковою теплопровідністю 0,7 Вт/м·К, з шаром мінеральної вати товщиною 120 мм із розрахунковою теплопровідністю 0,045 Вт/м·К становить 0,754 Вт/м·К, що значно менше значення 0,833 Вт/м·К, запропонованого у ДСТУ[4].

### Висновок

Проблема достовірного врахування теплопровідності «теплових мостів» у розрахунках енергоефективності будівлі досі не вирішена. Існуюча нормативна база значень лінійних коефіцієнтів теплопровідності вузлів примикання не в повній мірі враховує конструктивні особливості. Запропоноване конструктивне виконання вузла примикання балконної плити дозволяє зменшити тепловтрати та підвищити енергоефективність будівлі. Про це свідчать результати моделювання розподілу температур у вузлі примикання балконної плити до зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі та значення розрахункового лінійного коефіцієнта теплопередавання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про енергетичну ефективність будівель" [Електронний ресурс]: за станом на 2 червня 2017 р. / Верховна Рада України.– Офіц. вид.–К.: Відомості Верховної Ради, 2017.–204 с.
2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» [Чинний від 01.01.2016]. Київ, 2015. 140 с. (Інформація та документація).
3. ДСТУ ISO 10211-2:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях [Чинний від 2005-12-02]. Київ, 2005. 30 с. (Інформація та документація).
4. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій.: монографія. К.: Гама-Принт, 2009.-137 с.
5. Саницький М.А., Позняк О.Р., Марущак У.Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки: 2013. – 236 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [чинний від 01.01.2014]. Київ, 2014. 51 с. (Інформація та документація).
7. Ратушняк Г. С. Горюн О. Ю. Використання інноваційних теплоізолюючих матеріалів для зменшення тепловтрат крізь "містки холоду" в будівлі. 2019 рік : матеріали XLVIII Науково-технічної конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 23 березн. 2019 р. Вінниця. С. 3. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/2019/paper/viewFile/8245/6910>
8. Спосіб улаштування конструктивного вузла примикання заскляних балконів. Патент на корисну модель. 140672. Україна: МПК E04G23/00/ Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний, О. Ю. Горюн. – NV 201908045: заявл. 12.07.2019: опубл. 10.03.2020, Бюл.№5.-3с.
9. Ратушняк Г. С. Моделювання теплового режиму вузла примикання балконної плити з утепленням/ Г. С. Ратушняк, О.Ю. Горюн // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві – 2019.–№2.
10. Програмне забезпечення An Therm. Режим доступу: <http://antherm.eu/antherm/Beispiele.htm>

## REFERENCES

1. Zakon Ukrainy "Pro enerhetychnu efektyvnist budivel" [Elektronnyi resurs]: za stanom na 2 chervnia 2017 r. / Verkhovna Rada Ukrainy.– Ofits. vyd.–K.: Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2017.–204s.
2. DSTU B A.2.2-12:2015 «Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvitlenni ta hariachomu vodopostachanni» [Chynnyi vid 01.01.2016]. Kyiv, 2015. 140 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
3. DSTU ISO 10211-2:2005 Teploprovodni vkluchennia v budivelnykh konstruksiiakh [Chynnyi vid 2005-12-02]. Kyiv, 2005. 30 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
4. Farenjuk H. H. Osnovy zabezpechennia enerhoefektyvnosti budynkiv ta teplovoi nadiinosti ohorodzhuvalnykh konstruksii.: monohrafiia. K.: Hama-Prynt, 2009.-137 s.
5. Sanytskyi M.A., Pozniak O.R., Marushchak U.D. Enerhozberhaiuchi tekhnologii v budivnytstvi: navch. posibnyk. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki: 2013. – 236 s.
6. DSTU B V.2.6-189:2013 Metody vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel [chynnyi vid 01.01.2014]. Kyiv, 2014. 51 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
7. Ratushniak H. S. Horiun O. Yu. Vykorystannia innovatsiinykh teploizoliuiuchykh materialiv dlia zmeshennia teplovtrat kriz "mistky kholodu" v budivli. 2019 rik : materialy XLVIII Naukovo-tekhnichnoi konferentsii fakultetu budivnytstva, teploenerhetyky ta hazopostachannia, 23 berezn. 2019 r. Vinnytsia. S. 3. Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8245/6910>
8. Sposib ulashtuvannia konstruktyvnoho vuzla prymykannia zasklenykh balkoniv. Patent na korysnu model. 140672. Ukraina: MPK E04G23/00/ H. S. Ratushniak, A. M. Ocheretnyi, O. Yu. Horiun. – NV 201908045: zaiavl. 12.07.2019: opubl. 10.03.2020, Biul.№5.-3s.
9. Ratushniak H. S. Modeliuvannia teplovoho rezhymu vuzla prymykannia balkonnnoi plyty z utepленняm/ H. S. Ratushniak, O.Iu. Horiun // Suchasni tekhnologii, materialy i konstruksii v budivnytstvi – 2019.–№2.
10. Prohramne zabezpechennia An Therm. Rezhym dostupu: <http://antherm.eu/antherm/Beispiele.htm>.

**Георгій Сергійович Ратушняк** – кандидат технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com).

**Оксана Юрїївна Горюн** – аспірант, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [oksana2718@ukr.net](mailto:oksana2718@ukr.net).

**В'ячеслав Ігорович Дацюк** – студент, Вінницький національний технічний університет.

**G. Ratushnyak  
O. Horiun  
V. Datsyuk**

## SIMULATION OF HEAT TRANSFER IN THE NODE OF THE ADJACENT BALCONY SLAB TO THE OUTER WALL

Vinnitsa National Technical University

*The linear coefficients of heat transfer of the units of the adjacent balcony slab to the outer walls, which is recommended by the existing regulatory base, are analyzed. It has been found that the existing design of the junction site is not sufficiently energy efficient. To increase the thermal resistance of the node adjacent balcony plate proposed an improved method of its structural implementation, which is protected by a patent for utility model. Reduction of heat losses is achieved by arranging a layer of foam insulation in the place where the wall adjoins the balcony slab. The energy efficiency analysis of the proposed structural implementation of the junction of the adjacent balcony slab, as a "bridge of cold" was performed according to the results of mathematical modeling in the software program An Therm. According to the simulation results, the temperature distribution at the junction point of the balcony slab is determined. The linear coefficient of heat transfer of the recommended node of the adjacent balcony slab is determined, the value of which is greater than in the existing structures. The results obtained confirm the feasibility of the implementation of the proposed structural implementation of the junction of the adjacent balcony slab, in order to improve the energy efficiency of the thermal insulation shell of the building.*

*Key words: heat losses, exterior walls, thermal modernization, energy efficiency, junction units, heat transfer coefficient.*

**Ratushniak Georgiy** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com).

**Horiun Oksana** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [oksana2718@ukr.net](mailto:oksana2718@ukr.net).

**Vyacheslav Datsyuk** – student Vinnytsia National Technical University.

**Г. С. Ратушняк**  
**О. Ю. Горюн**  
**В. И. Дацюк**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В УЗЛЕ ПРИМЫКАНИЯ БАЛКОННОЙ ПЛИТЫ К НАРУЖНОЙ СТЕНЕ**

Винницкий национальный технический университет

*Проанализированы линейные коэффициенты теплопередачи узлов примыкания балконной плиты к наружным стенам, который рекомендуется существующей нормативной базой. Выявлено, что существующая конструкция узла примыкания недостаточно энергоэффективной. Для повышения термического сопротивления узла примыкания балконной плиты предложен усовершенствованный способ его конструктивного исполнения, который защищен патентом на полезную модель. Уменьшение теплопотерь достигается за счет устройства слоя утеплителя из пенополистирола в месте примыкания стены к балконной плите. Анализ энергоэффективности предложенного конструктивного исполнения узла примыкания балконной плиты, как «мостика холода» выполнен по результатам математического моделирования в программном комплексе An Therm. По результатам моделирования установлено распределение температур в узле примыкания балконной плиты. Определены линейный коэффициент теплопередачи рекомендованного узла примыкания балконной плиты, значение которого больше чем в существующих конструкциях. Полученные результаты являются подтверждением целесообразности внедрения предложенного конструктивного исполнения узла примыкания балконной плиты, со позволит повысить энергоэффективность теплоизоляционной оболочки здания.*

*Ключевые слова: теплопотери, внешние стены, термомодернизация, энергоэффективность, узлы примыкания, коэффициент теплопередачи.*

**Георгий Сергеевич Ратушняк** – кандидат технических наук, профессор, Винницкий национальный технический университет, e-mail: ratusnak@gmail.com.

**Оксана Юрьевна Горюн** – аспирант, Винницкий национальный технический университет, e-mail: oksana2718@ukr.net.

**Вячеслав Игоревич Дацюк** – студент, факультет строительства теплоэнергетики и газоснабжения. Винницкий национальный технический университет.